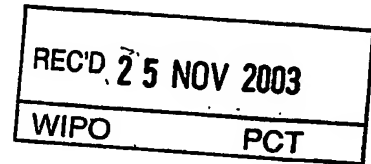


EPO 3/10660



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

BEST AVAILABLE COPY

Aktenzeichen: 102 45 790.5
Anmeldetag: 01. Oktober 2002
Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG,
Stuttgart/DE
Bezeichnung: Brennkraftmaschine mit Selbstzündung
IPC: F 02 B 3/12

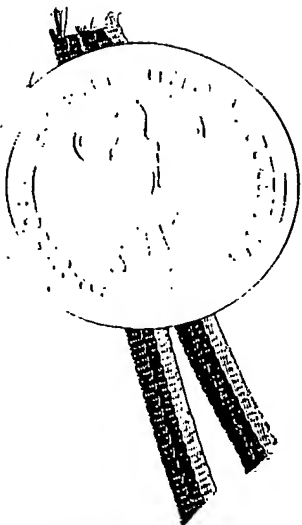
**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 16. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Faust

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



DaimlerChrysler AG

Aifan

25.09.2002

Brennkraftmaschine mit Selbstzündung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere eine selbstzündende Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung.

Bei Brennkraftmaschinen mit Selbstzündung werden oftmals homogene magere Kraftstoff/Luft-Gemische zur Selbstzündung gebracht, so dass hohe Wirkungsgrade und verbesserte Abgasemissionen erzielt werden. Eine bestimmte Abgasmenge wird im Brennraum zurückgehalten, um die Gemischtemperatur am Ende einer Kompressionsphase der Brennkraftmaschine zu beeinflussen. Im unteren Last- und Drehzahlbereich kommt es zu einer Abnahme des Temperaturniveaus im Brennraum, wodurch eine Regelung der Gemischtemperatur aufgrund der geringen umgesetzten Kraftstoffmassen nicht gewährleistet ist. Um den Energieverlust durch sinkende Abgastemperaturen auszugleichen, kann unter anderem die Abgasrückhaltungsrate erhöht werden.

Ab einem bestimmten Abgastemperaturniveau ist es trotz einer hohen Abgasrückhaltungsrate jedoch nicht mehr möglich, eine stabile Verbrennung zu ermöglichen. Grund hierfür ist, dass das zurückgehaltene Abgas im wesentlichen reaktionsträge ist und es dadurch zu einer Verschleppung der Verbrennung kommt. Dies führt zu erhöhten Abgasemissionen, welche den Wirkungsgrad der Verbrennung verringern und ebenfalls zu hohen Mitteldruckschwankungen der Brennkraftmaschine führen.

Aus der Patentschrift DE 198 10 935 C2 ist ein Verfahren zum Betrieb einer nach dem Vier-Takt-Prinzip arbeitenden Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein homogenes mageres Grundgemisch aus Luft, Kraftstoff und zurückgehaltenem Abgas gebildet wird, welches durch eine Kompressionszündung verbrannt wird. Dabei wird zur Erweiterung des motorischen Betriebsbereiches mit Kompressionszündung eine Aktivierungsphase zwischengeschaltet. Während der Kompression des zurückgehaltenen Abgases wird eine Aktivierungskraftstoffmenge in den Brennraum eingespritzt und mit den restlichen Gemischanteilen im Brennraum möglichst homogen verteilt. Dem Kraftstoff wird eine thermische Energie durch Leistung und Kompression zugeführt, so dass eine chemische Reaktion bzw. eine Zündung im Gaswechsel-Totpunkt eingeleitet wird.

Das oben genannte Verfahren setzt dabei voraus, dass es bei jedem Arbeitsspiel zu einer Verbrennung kommt, bei der genügend Abgase mit einer hohen Temperatur entstehen. Da die Selbstzündung eines homogenen mageren Gemisches sehr stark von den motorischen Parametern und den Umgebungsbedingungen abhängt, können Zündaussetzer auftreten, welche im Extremfall zu einem Ausbleiben der Verbrennung führen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine zu schaffen, bei dem ein zuverlässiger Betrieb mit Selbstzündung gewährleistet wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass nach der Verbrennung des Hauptgemisches eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht werden, dass ein Kraftstoff-Abgas/Luft-Gemisch gebildet wird, welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird. Dadurch wird ein Zwischengemisch zur Anhebung der Brennraum-

temperatur gebildet, welches vor einem Stattfinden der Hauptverbrennung mittels einer Kompressionszündung und/oder Fremdzündung derart umgesetzt wird, dass eine Hauptgemischtemperaturregelung ermöglicht ist.

5

In Ausgestaltung der Erfindung wird die zusätzliche Kraftstoffmenge in einem Bereich zwischen dem Ende eines Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil eines Ausschiebehubes des Kolbens in den Brennraum eingebracht. Dadurch wird sichergestellt, dass die zusätzliche Kraftstoffmenge rechtzeitig vor dem Gaswechsel-Totpunkt im Brennraum verteilt und verdampft ist.

10

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die zusätzliche Frischluftmenge in einem Bereich zwischen einem Endteil des Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil des Ausschiebehubes des Kolbens dem Brennraum zugeführt. Durch die Einbringung der zusätzlichen Frischluftmenge in den Brennraum wird ein zündfähiges Gemisch gebildet, wobei die zusätzliche Frischluftmenge abhängig von der zusätzlichen Kraftstoffmenge zugeteilt wird. Die Temperatur des Zwischengemisches wird durch die Abgasenergie auf ein bestimmtes Temperaturniveau angehoben, wobei die Temperatur des Gemisches durch die Anteile aus Frischluft und Abgas bestimmt wird.

20

25

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden während der Einbringung der zusätzlichen Frischluftmenge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge mindestens ein Auslassventil und mindestens ein Einlassventil geöffnet. Vorzugsweise wird zuerst das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet. Durch die Öffnungsreihenfolge wird zuerst ein Teil des Abgases aus dem Brennraum ausgeschoben, so dass die Einbringung einer zusätzlichen Frischluftmenge mittels des aufgebauten Druckes im Saugrohr gewährleistet ist.

30

35

Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus der Beschreibung. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung

sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

5 Fig. 1 ein schematisches Diagramm eines Zylinderdruckverlaufes einer aufgeladenen Brennkraftmaschine während eines Arbeitsspiels aufgetragen über dem Kurbelwinkel, und

10 Fig. 2 ein schematisches Diagramm eines Ventilhubes der Brennkraftmaschine aus Fig. 1 während des Betriebs aufgetragen über dem Kurbelwinkel.

Eine beispielhafte Brennkraftmaschine mit Aufladung und Direkteinspritzung umfaßt vorzugsweise vier Zylinder, in denen
15 ein längsverschieblich gehaltener Kolben geführt ist. Die Brennkraftmaschine umfaßt pro Brennraum mindestens ein Einlassventil, mindestens ein Auslassventil, einen Kraftstoffinjektor und eine Zündquelle. Der Brennraum der Brennkraftmaschine wird von einem Zylinderkopf nach oben hin abgeschlos-
20 sen, wobei der Kolben den Brennraum nach unten hin begrenzt. Die Brennkraftmaschine arbeitet nach dem 4-Takt-Prinzip, wobei sie alternativ nach dem 2-Takt-Prinzip betrieben werden kann.

25 Die Brennkraftmaschine wird aufgeladen, indem dem Brennraum die zugeführte Verbrennungsluft mit einem höheren Druck P_s als dem Umgebungsdruck P_u zugeführt wird. Die Verbrennungsluft sowie die entstehenden Abgase werden über die Einlass- und Auslassventile der Brennkraftmaschine dem Brennraum zuge-
30 führt bzw. aus dem Brennraum ausgeschoben. Die Einlass- und Auslassventile werden von einer Betätigungsvorrichtung geöffnet und geschlossen, wobei ein Steuergerät die Öffnungs- und Schließzeitpunkte der Einlass- und Auslassventile dem gefahrenen Betriebspunkt entsprechend steuert.

35

Bei einem 4-Takt-Verfahren entspricht ein Takt einem vollen Kolbenhub. In Fig. 1 ist der Verlauf eines Brennraumdruckes

während eines Arbeitsspiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine dargestellt. Das aus vier Takten bestehende Arbeitsspiel der Brennkraftmaschine entspricht einem Verbrennungszyklus, wobei ein Verbrennungszyklus mit einem ersten
5 Ansaugtakt beginnt, bei dem sich der Kolben in einer Abwärtsbewegung bis zu einem unteren Totpunkt UT bewegt. Beim Ansaugtakt wird dem Brennraum Verbrennungsluft zugeführt, wobei erfindungsgemäß in einem Ausschietakt eines vorherigen Arbeitsspiels eine bestimmte Menge an Abgas im Brennraum zu-
10 rückgehalten wird.

Während des Ansaugtaktes wird durch die Einbringung von Kraftstoff in den Brennraum ein Hauptgemisch gebildet, welches in einem nachfolgenden Kompressionstakt verdichtet wird.
15 Während des Kompressionstaktes bewegt sich der Kolben in einer Aufwärtsbewegung vom unteren Totpunkt UT bis zu einem oberen Zündtotpunkt ZOT, wobei vorzugsweise beim Hauptgemisch eine Hauptkraftstoffmenge während des Ansaugtaktes in den Brennraum eingebracht wird. Das gebildete Hauptgemisch wird in
20 einem Bereich des oberen Zündtotpunkts ZOT durch die vorliegende Kompression selbstgezündet.

Alternativ kann das Hauptgemisch lastabhängig, beispielsweise im Startbetrieb oder bei hohen Lastbereichen mittels einer
25 Zündquelle fremdgezündet werden. Während der noch laufenden Verbrennung des Hauptgemisches expandiert der Kolben in einer Abwärtsbewegung bis zu einem unteren Totpunkt UT. Im darauf folgenden Ausschietakt fährt der Kolben in einer Aufwärtsbewegung bis zu einem oberen Gaswechsel-Totpunkt GOT und
30 schiebt die Abgase aus dem Brennraum aus. Erfindungsgemäß wird ein Auslassventil während des Ausschietakts geöffnet, so dass die Abgase aus dem Brennraum ausgeschoben werden, wobei durch ein frühzeitiges schließen des Auslassventils eine bestimmte Menge an Abgas im Brennraum zurückgehalten wird.
35 Während des Ausschietakts werden dem Brennraum eine zusätzliche Kraftstoffmenge und eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge derart zugeführt, dass ein Zwischengemisch aus Kraft-

stoff, Abgas und Luft gebildet wird, welches in einem Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunkts GOT umgesetzt wird.

5 Gemäß Fig. 1 findet im Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunktes GOT die Umsetzung des Zusatzgemisches statt, so dass durch eine Zusatzverbrennung ZV eine Anhebung der Brennraumtemperatur stattfindet. Dies führt zu einer Anhebung des Brennraumdruckes P_z . Durch die Energieumsetzung im Bereich des oberen Gaswechsel-Totpunkts GOT wird ebenfalls die Temperatur des im Brennraum zurückgehaltenen Abgases insgesamt angehoben; so dass die hohen Wärmeverluste des Abgases an eine Brennraumwandung, insbesondere in unteren Drehzahl- und Lastbereichen kompensiert werden. Für die anschließende Hauptverbrennung HV steht somit ein höheres Energie bzw. Temperatur-
10 niveau zur Verfügung, wodurch ein Energieverlust aufgrund der kleineren umgesetzten Kraftstoffmenge bei der Realisierung niedriger Motorlasten kompensiert werden kann. Dadurch wird ein zuverlässiger Betrieb der Brennkraftmaschine mit Kompressionszündung auch in unteren Drehzahl- und Lastbereichen ermöglicht. Der mit Kompressionszündung gefahrene Betriebsbereich wird somit vergrößert, so dass weiterhin verbesserte Abgasemissionen beispielsweise bei Leerlauf erzielt werden können.

25 Gemäß Fig. 2 werden während der Einbringung der zusätzlichen Verbrennungsluftmenge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge zuerst das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet. Dabei werden die Öffnungs- bzw. die Schließzeitpunkte des Einlassventils E_z durch die benötigte zusätzliche Frisch-
30 bzw. Verbrennungsluftmenge definiert. Aufgrund des herrschenden Ladedruckes P_s im Ansaugkanal der Brennkraftmaschine wird das Zurückströmen von Frischgas bzw. Abgas aus dem Brennraum in den Ansaugkanal verhindert.

35 Die Einbringung der zusätzlichen Kraftstoffmenge m_z kann mittels einer Kraftstoffdirekteinspritzung in den Brennraum vorgenommen werden, wobei eine Kraftstoffeinbringung im Ansaug-

kanal der Brennkraftmaschine ebenfalls vorgenommen werden kann. Das Einlassventil E_z wird dann geöffnet, wenn der Druck im Brennraum unter dem Ladedruck P_s im Ansaugrohr gesunken ist. Dabei strömt dann die zusätzliche Verbrennungsluft aufgrund eines Druckgefälles zwischen dem Ansaugrohr und dem Brennraum, wobei gleichzeitig der Kraftstoff mittels einer Direkt- oder Kanaleinspritzung in den Brennraum eingebracht wird. Das Auslassventil A_z wird dann wieder geschlossen, bevor der eingespritzte Kraftstoff über das geöffnete Auslassventil A_z in den Abgaskanal strömen kann. Kurz darauf wird dann das Einlassventil E_z wieder geschlossen, so dass der Kolben die zusätzliche frische Brennraumladung nicht in den Einlasskanal ausschieben kann. Über den Schließzeitpunkt des Auslassventils A_z wird eine definierte Restgasmenge im Brennraum zurückgehalten, die das Temperaturniveau im Brennraum bestimmt. Die Anhebung der Brennraumtemperatur wird durch die zusätzliche Kraftstoffmenge m_z bestimmt bzw. durch die umgesetzte Energie während der Zusatzverbrennung Z_v beeinflusst.

Die dem Brennraum zugeführte zusätzliche Verbrennungsluftmenge wird über den Schließzeitpunkt des Einlassventils E_z und über den Ladedruck P_s definiert. Nach der Bildung des Zusatzgemisches beginnt der Kolben beim Hochfahren zum Gaswechsel-Totpunkt GOT, das Zusatzgemisch zu verdichten, so dass am Ende der Kompression durch eine Verdichtungsendtemperatur und durch die Temperatur des zurückgehaltenen Abgases zu einer Selbstzündung des Zusatzgemisches kommen wird. Es ist denkbar, dass das Zusatzgemisch lastabhängig fremdgezündet wird. Insbesondere im Startbetrieb kann eine solche Fremdzündung sinnvoll sein. Der Brennraumdruck P_z steigt im Brennraum derart an, dass der Kolben während des Ansaugtaktes ebenfalls Arbeit verrichtet. Im anschließenden Ansaugtakt wird das Einlassventil E_H geöffnet und die Hauptverbrennungsluftmenge sowie die Hauptkraftstoffmenge m_H dem Brennraum zugeführt. Im Bereich des oberen Zündtotpunkts ZOT findet dann nach der Verdichtung des Hauptgemisches die Hauptverbrennung HV statt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann die Brennkraftmaschine im wesentlichen bei allen Lastpunkten bzw. Lastbereichen mit Kompressionszündung betrieben werden, ohne dass es zu Zündaussetzern kommt. Durch die Anhebung der Temperatur im
5 Brennraum beim oberen Gaswechsel-Totpunkt GOT wird sichergestellt, dass in jedem Verbrennungszyklus eine Verbrennung mit Kompressionszündung stattfinden kann.

Es ist denkbar, dass das erfindungsgemäße Verfahren anstatt
10 der Abgasrückhaltung mit einer Abgasrückführung durchgeführt wird. Dabei wird mittels eines nicht dargestellten Abgasrückführventils Abgas aus dem Abgasauslasskanal in den Einlasskanal zurückgeführt, so dass eine bestimmte Grundgemischtemperatur einstellbar ist. Alternativ kann die Abgasrückführung
15 intern erfolgen. Dabei wird während des Ausschiebetakts über das geöffnete Einlassventil das Abgas zum Teil in den Einlasskanal ausgeschoben und dann mit der angesaugten Verbrennungsluft während des Ansaugtakts wieder in den Brennraum angesaugt. Des Weiteren kann die Abgasrückführung intern derart
20 erfolgen, dass während des Ausschiebetakts das Abgas vollständig in den Auslasskanal ausgeschoben und dann während des Ansaugtakts über das geöffnete Auslassventil zum Teil wieder in den Brennraum angesaugt wird. Dabei wird nach oder während des Schließvorgangs des Auslassventils das Einlassventil
25 geöffnet.

Es ist weiterhin denkbar, dass kurz vor dem Gaswechsel-Torpunkt GOT mittels der Direkteinspritzung zusätzlich oder
alternativ eine Ladungsschichtung erfolgt, die mittels einer
30 Zündquelle gezündet wird. D.h., im Bereich des Gaswechsel-Totpunkts wird eine zweite zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht, dass innerhalb des Zwischengemisches eine zündfähige Gemischwolke im Bereich einer Zündquelle gebildet wird. Die mit der zweiten zusätzlichen
35 Kraftstoffmenge gebildete Gemischwolke wird mittels der Zündquelle gezündet, wobei das im Brennraum vorliegende magere Zwischengemisch durch die Verbrennung der mit der zweiten zu-

sätzlichen Kraftstoffmenge gebildeten Gemischwolke nachfolgend zu einer Selbstzündung veranlasst wird. Alternativ kann die mit der zweiten zusätzlichen Kraftstoffmenge gebildete Gemischwolke mittels der Zündquelle derart gezündet werden, 5 dass die dabei eingeleitete Verbrennung ebenfalls das im Brennraum vorliegende Zwischengemisch ohne Selbstzündung erfasst.

Es ist weiterhin denkbar, einen Kraftstoffinjektor zu verwenden, über den eine Luftmenge und die Kraftstoffmenge eingebracht werden. Dabei werden die Luft und der Kraftstoff durch die Einspritzvorrichtung vermischt und danach durch den Kraftstoffinjektor in den Brennraum eingeblasen. Des Weiteren kann der Kraftstoffinjektor als eine Zündquelle dienen.

15

DaimlerChrysler AG

Aifan

25.09.2002

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, einem Zylinder, einem Zylinderkopf, einem Kolben und einem zwischen dem Zylinderkopf und dem Kolben begrenzten Brennraum, bei dem
- dem Brennraum eine Hauptverbrennungsluftmenge und eine Hauptkraftstoffmenge zugeführt werden, mit denen ein Hauptgemisch gebildet wird, und
 - das gebildete Hauptgemisch in einem Bereich eines oberen Zünd-Totpunkts gezündet wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass nach der Verbrennung des Hauptgemischs eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht werden,
 - dass ein Kraftstoff-Abgas/Luft-Gemisch gebildet wird,
 - welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
- dass die zusätzliche Kraftstoffmenge in einem Bereich zwischen dem Ende eines Expansionshubes des Kolbens und einem Endteil eines Ausschiebehubes des Kolbens in den Brennraum eingebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die zusätzliche Frischluftmenge in einem Bereich zwischen einem Endteil des Expansionshubes und einem Endteil des Ausschiebehubes dem Brennraum zugeführt wird.

- 5 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
da durch gekennzeichnet,
dass während der Einbringung der zusätzlichen Frischluft-
menge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge minde-
stens ein Auslassventil und mindestens ein Einlassventil
10 geöffnet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4
da durch gekennzeichnet,
dass während der Einbringung der zusätzlichen Frischluft-
menge und/oder der zusätzlichen Kraftstoffmenge zuerst
15 das Auslassventil und dann das Einlassventil geöffnet
werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
da durch gekennzeichnet,
dass mittels der Kraftstoffeinspritzvorrichtung eine
Kraftstoffeinspritzung in ein Saugrohr der Brennkraftma-
schine oder in den Brennraum direkt vorgenommen wird.
20
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche
da durch gekennzeichnet,
dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsver-
hältnis zwischen 8 und 16, insbesondere zwischen 8 und 13
betrieben wird.
25

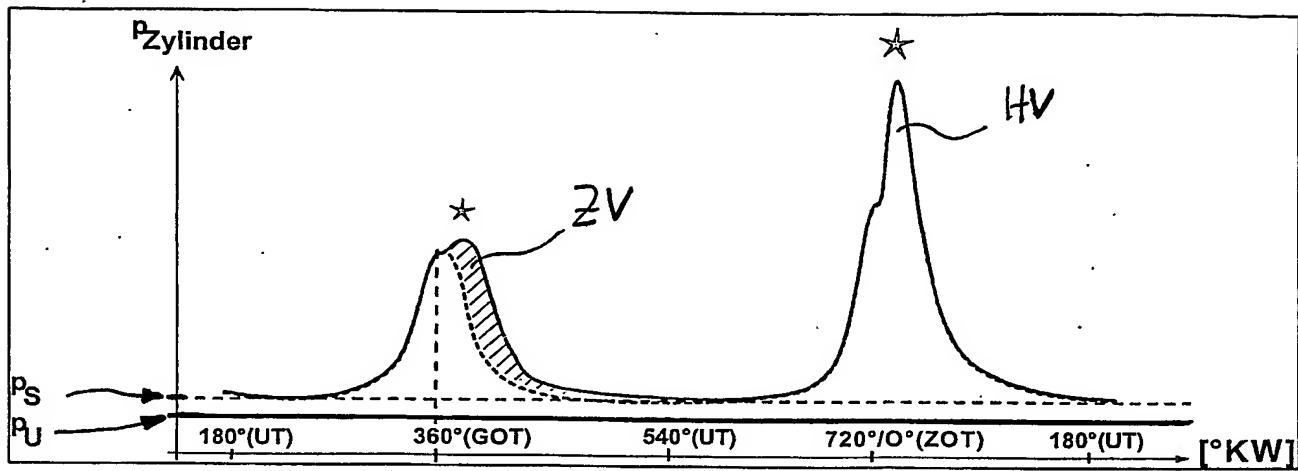


Fig. 1

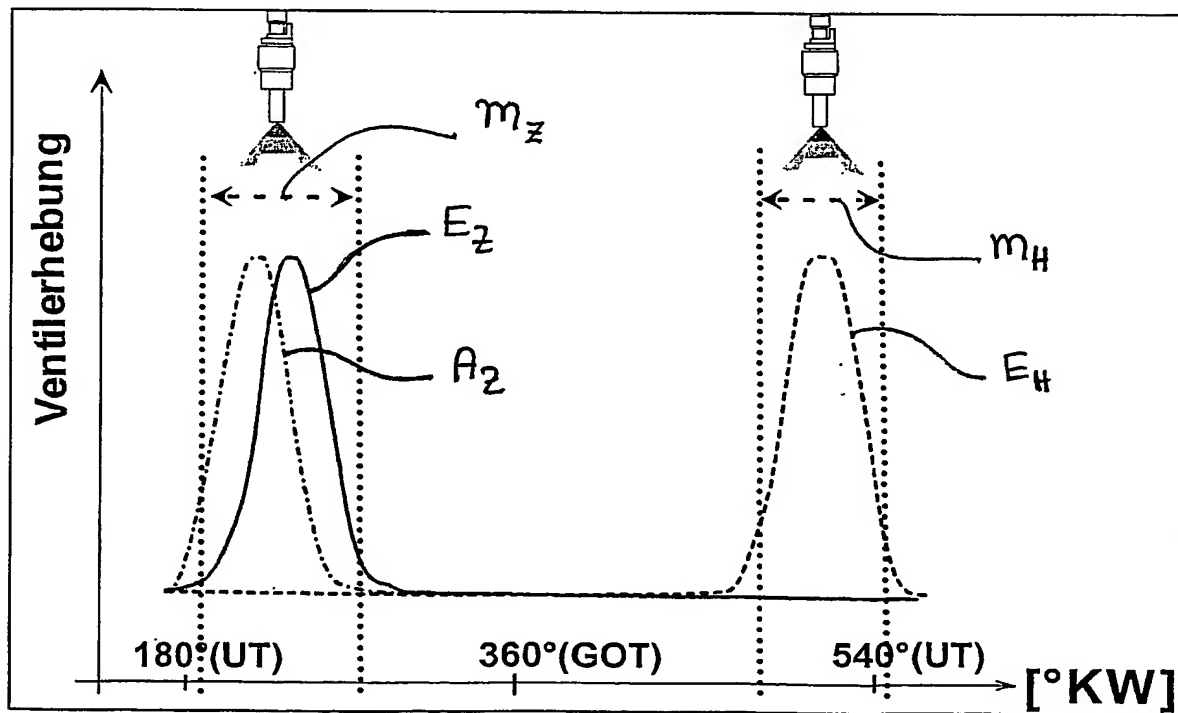


Fig. 2

DaimlerChrysler AG

Aifan
25.09.2002Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit Kraftstoffdirekteinspritzung, bei dem einem Brennraum eine Hauptverbrennungsluftmenge und eine Hauptkraftstoffmenge zugeführt werden, mit denen ein Hauptgemisch gebildet wird, wobei das gebildete Hauptgemisch in einem Bereich eines oberen Zünd-Totpunkts gezündet wird. Nach der Verbrennung des Hauptgemischs werden eine zusätzliche Verbrennungsluftmenge und eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Brennraum derart eingebracht, dass ein Kraftstoff-Abgas/Luft-Gemisch gebildet wird, welches in einem Bereich eines oberen Gaswechsel-Totpunkts des Kolbens umgesetzt wird.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.